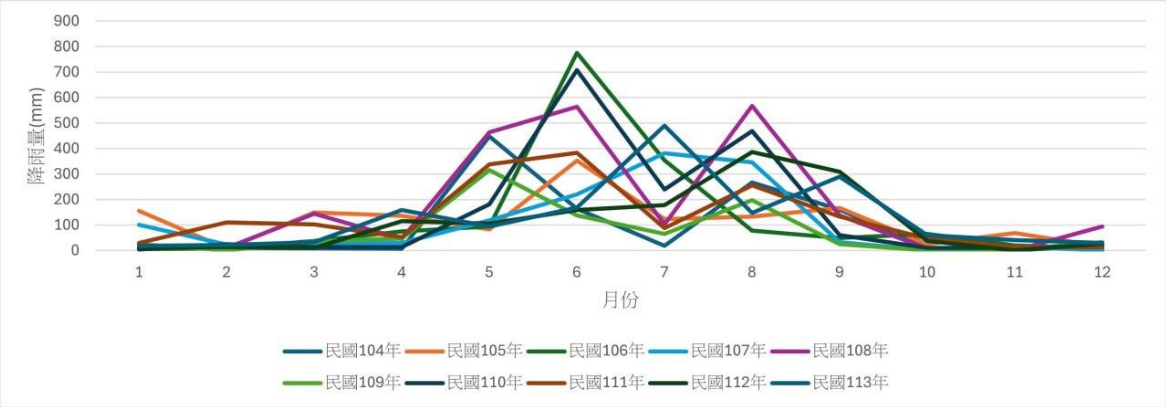
2. 中部小尺度

農業部農業試驗所/蔡璿如/副研究員

2.1 背景介紹

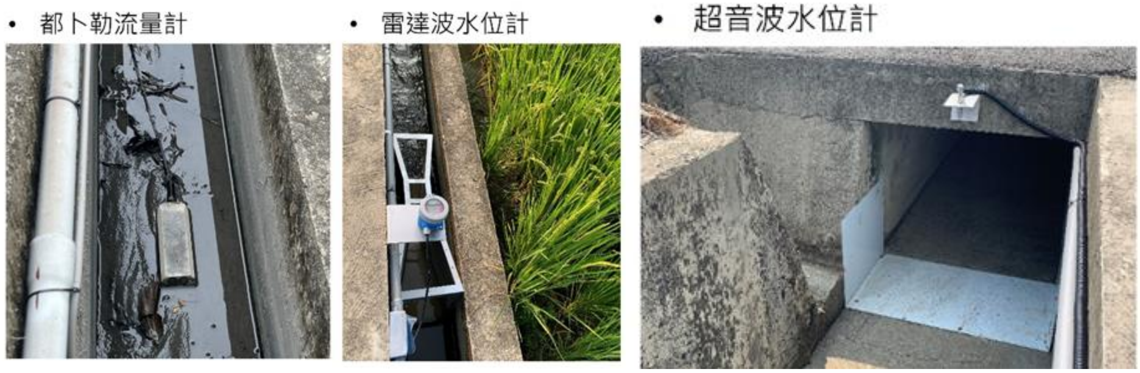
依據農業部農糧署農情報告資源網資料，113 年全臺水稻種植面積約 24 萬公頃，中部地區 (臺中、彰化、南投) 占約全臺之 29%，水稻為需水量大之作物，農業水資源缺乏將對水稻生產造成嚴重影響，因此發展灌溉策略有其必要。玉米及甘藷等旱作相對需水量較少，以精準灌溉、提升水分利用效率為目標，食用玉米全臺種植面積約 14,514 公頃，中部地區占約 7%，而甘藷全臺種植面積約 9,404 公頃，中部地區占約 22%，針對臺灣 3 項大宗作物水稻、食用玉米及甘藷建立中部地區最適灌溉模組。

中彰投地區之農業灌溉主要來源為地表逕流水，烏溪流域介於臺中、南投及彰化 3 縣市，目前並無水庫設施，其水源主要供作南投、彰化地區之農業用水及公共用水；濁水溪流域主要位於南投縣境內，南北兩岸的地面水資源主要供應南投、彰化及雲林地區的農業用水及公共用水。由於地表逕流水受降雨量多寡及時空分布差異影響大，中部地區降雨集中於 6-8 月，11 月至翌年 4 月為乾季，通常乾季雨量約為全年雨量之 1/5-1/4。以臺中霧峰農業試驗所測站之降雨資料為例 (圖一)，各年度間相同月份差異大，春季常遭遇降雨缺乏或分布不均問題，因此 1 期作於 2-3 月栽種初期常導致農業灌溉缺水，2 期作則因 10 月過後水稻已進入乳熟期，並且秋作旱作需水量亦相對較低，發生灌溉缺水機會較少。



圖一、104-113 年農業試驗所測站每月降雨資料。

本計畫 111 年起於農業試驗所內試驗田區建置中部地區小尺度示範場域，場域灌溉系統隸屬阿罩霧第 1、2 圳，由農田水利署南投工作站之霧峰、喀哩工作站管理，水源為烏溪逕流水。中部地區小尺度示範場域面積 5 公頃，共計 12 塊田區，含 3 給水渠道、3 排水渠道，分別於灌水溝設置都卜勒流量計、雷達波水位計，排水溝設置超音波水位計 (圖二)，田區設置土壤濕度計、土壤水分計，記錄流量及田間相關數據。



圖二、渠道流量量測設備。

2.2 慣行操作方式

水稻慣行栽培之水分管理需長時間保持湛水，依生育階段調整水深，幼苗期維持約 3 cm，分蘖期 3-5 cm，有效分蘖終期至幼穗形成期間排水以曝曬土面進行曬田，抽穗開花後維持 5-10 cm 湛水，黃熟期後維持水深約 3 cm 間歇性輪灌。旱作多採溝灌方式，玉米慣行灌溉依經驗約每 2 週灌溉 1 次，甘藷則扦插後給予灌水 1 次，2 週後視土壤含水變化與降水情況調整灌溉，約每月給予灌溉 1 次。

2.3 最適灌溉模組

水稻灌溉管理分 3 種方式進行比較，建立最適灌溉模組，分別為 (1) 慣行灌溉，(2) 間歇灌溉 0-5 cm：採用間歇灌溉管理，將水田灌至水深 5 cm 後停止灌溉，待自然蒸發後表土無積水 (土壤仍維持濕潤狀態)，隔日再灌水至 5 cm 高，反覆乾濕交替操作。(3) 間歇灌溉-水位土面下 10 cm 始復灌：於水位退至土面下 10 cm 後復灌至 5 cm 高。3 種灌溉模式下效益比較如表一，總灌溉量約可較慣行灌溉減少 40% 需求，復灌頻率由 2 日延長至 4 日，水稻採間歇灌溉在 1 期作可提升約 2 倍水分利用效率，2 期作降雨量相對豐沛，水分利用效益提

升較不明顯。綜觀 112-114 年試驗平均結果，1 期作水稻採慣行灌溉約需 1,931 mm，採間歇灌溉 0-5 cm 約需 1,090.4 mm，總灌溉量可較慣行灌溉減少約 40%。

表一、113 年水稻不同灌溉方式效益比較 (註：1 期作/2 期作)

灌溉方式	總灌溉時數(小時)	復灌頻率(日)	總進水量(mm)	水分利用效率(kg/m^3)
慣行(CP)	233.3 /271	2.2 /2.2	2441 /1886.6	0.25 /0.37
間歇灌溉(0~5公分)	88.7 /68.7	3.9 /4.8	1255.5 /1446.9	0.50 /0.40
間歇灌溉(0~-10公分)	87.7 /72.7	3.9 /4.4	933.7 /1408	0.62 /0.40

旱作作物則以本土測得之食用玉米及甘藷之作物係數 (Kc)、蒸發散量等數據，依栽種時程配合過去五年之平均氣候資料透過 CROPWAT 程式計算之建議灌水量，視種植年之實際氣候狀況，配合積溫、降雨量滾動調整灌溉量。以 113 年春作玉米為例，採 CROPWAT 計算之建議灌溉量栽培，水分利用效率 41.5 kg/m^3 優於慣行灌溉 32.1 kg/m^3，有助提升水資源精準灌溉。

- 1 期作

評估上半年不同作物間用水量之尖峰，中部地區 1 期作水稻多於 2 月下旬插秧，依慣行灌溉管理用水高峰為分蘗期及孕穗期，時間約為 3 月下旬至 4 月上旬、4 月下旬至 5 月下旬 (圖三)，春作玉米約 3 月上旬播種，5 月下旬收穫，每旬需水量約 20 mm 左右 (圖四)，春作甘藷扦插時間視天氣狀況落在 4 月中旬至 5 月上旬，7 月下旬收穫，扦插後約需 22 mm 之灌溉量，其餘生育階段若每旬降雨達 30 mm，約可滿足每旬之需水量，不須額外灌溉 (圖五)。整合過去 2-3 年灌溉驗證結果，以水稻可調整的灌溉量為最大，以下提供 3 種水情情況 1 期作水稻調整灌溉或轉作旱作建議。

- 水情正常

1 期作水稻採慣行灌溉約需 1,931 mm (112-114 年平均)，每旬灌溉量約 80-100 mm，3 月下旬至 4 月上旬、4 月下旬至 5 月下旬用水高峰期間平均每旬 20-250 mm，旱作以基礎需水量而言，甘藷每旬約需 30 mm、春作玉米生育初期-發育期平均 (113-114 年平均) 每旬基礎需水量約 20 mm，中後期每旬約需 25-30

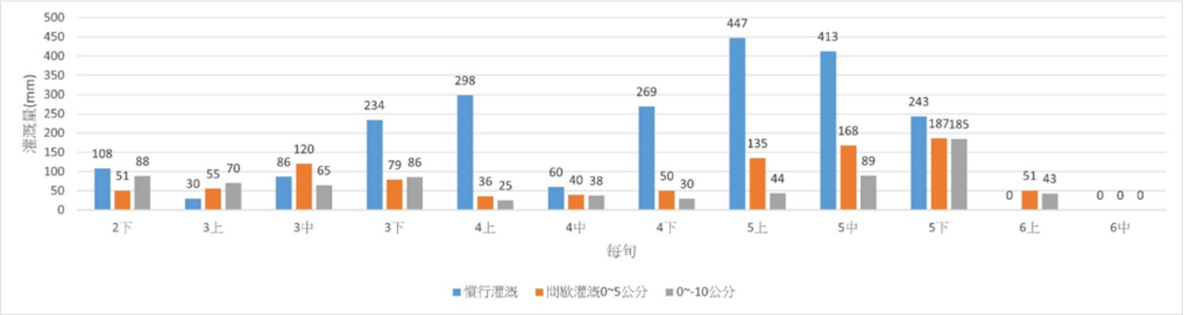
mm，視栽種面積可約略估算區域總需水量。

- 總供水量減少 40% 以內

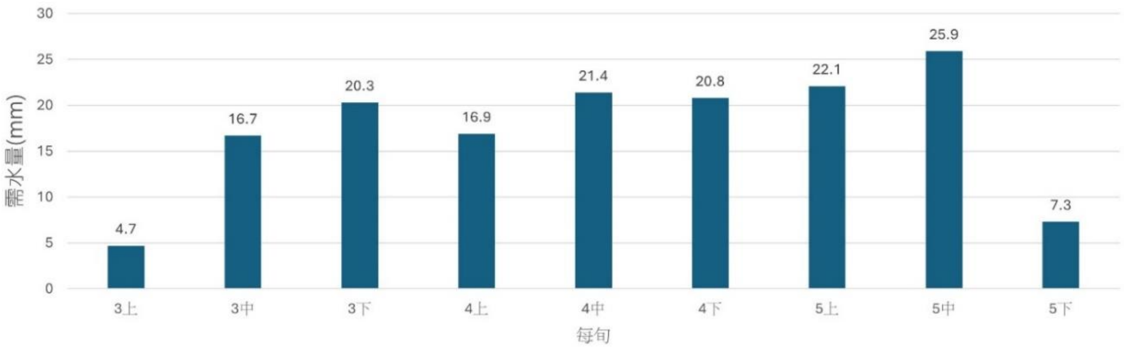
間歇灌溉下以水位 0-5 cm 復灌的模式有較好的水分利用效率，1 期作水稻採間歇灌溉約需 1,090.4 mm (112-114 年平均)，總灌溉量可較慣行灌溉減少約 40%，平均每旬灌溉量約 60 mm，高峰期平均約 100-150 mm，總供水量如減少 40% 以內可考慮採間歇灌溉，供灌頻率可延長至 4 日。水稻生育階段 3 月下旬至 4 月上旬、4 月下旬至 5 月下旬為需水量尖峰，此期間春作玉米值生長發育期對水分逆境較為敏感，若此些期間總供水有限，在調配上須留意。

- 總供水量減少大於 40%

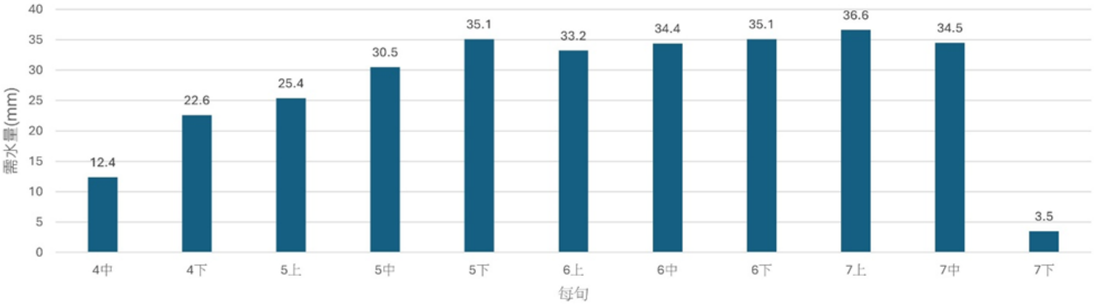
如總供水量減少大於 40%，則可考慮轉作旱作，每旬平均甘藷需 30 mm、玉米 20 mm，視總供水庫存量調整栽種面積。



圖三、113 年 1 期作水稻 3 種灌溉處理每旬灌溉量。



圖四、113 年春作玉米推估灌溉量。

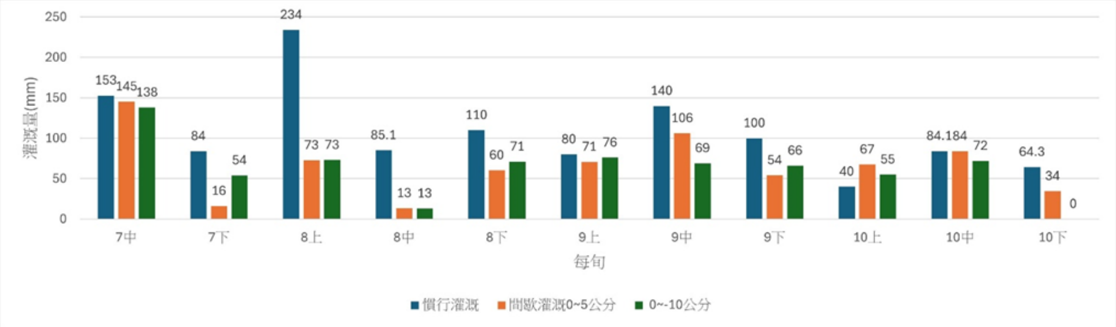


圖五、113 年春作甘藷推估灌溉量。

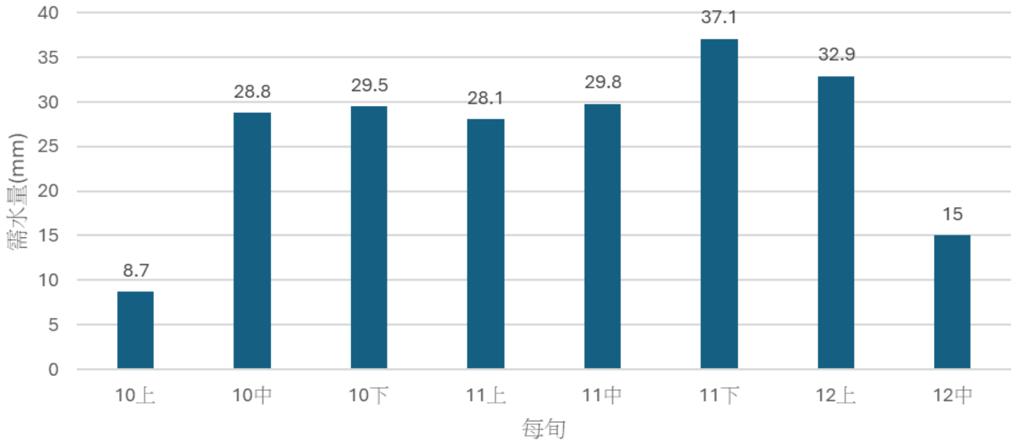
- 2 期作

2 期作水稻於 7 月下旬插秧，9 月起中部地區雨季結束，適逢水稻生育階段進入幼穗形成期，9 月中下旬為用水高峰 (圖六)，因 8 月仍為中部地區雨季時節，灌溉水缺乏問題相對較少，倘若發生水資源不足問題，可暫時改以間歇灌溉策略，進行水資源調度。

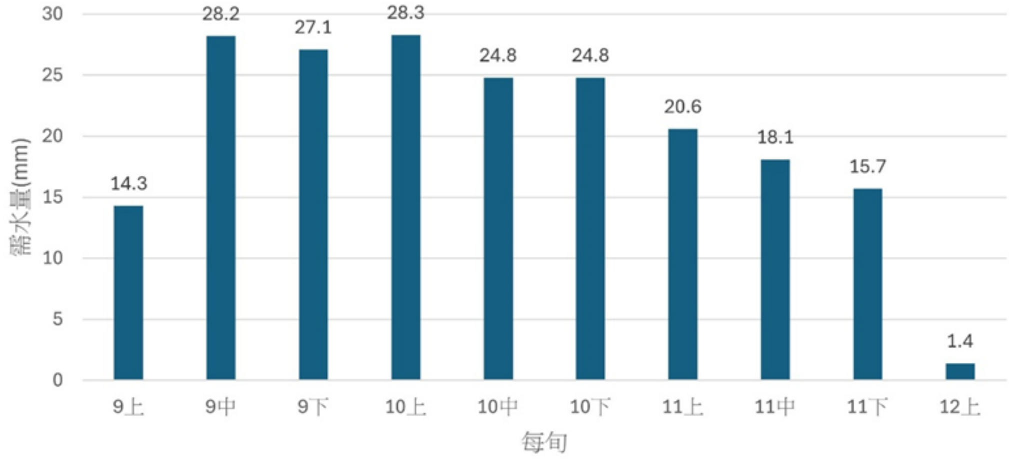
秋作玉米於 9 月下旬至 10 月上旬間播種，12 月收穫，各生育階段每旬需水量約 30 mm 左右 (圖七)，秋作甘藷扦插時間落在 9 月上旬，扦插後約需 22 mm 之灌溉量，9 月至 10 月每旬約需 25-30 mm，秋作後期因溫度相對較低，11 月後每旬需水量約 20 mm 以下，12 月上旬收穫 (圖八)。



圖六、113 年 2 期作水稻 3 種灌溉處理每旬灌溉量。



圖七、113 年秋作玉米推估灌溉量。



圖八、113 年秋作甘藷推估灌溉量。

2.4 結語

農業水資源調配實際需依作物種類、栽種時間及面積做全面性評估，搭配中部地區的降雨型態，水稻栽培之用水高峰及玉米水分敏感時期為 3 月下旬至 4 月上旬、4 月下旬至 5 月下旬及 9 月中下旬，需多加留意灌溉之供給。灌溉模組目的在於提升作物水分利用效率，在供水不足狀況下可作為灌溉參考，水稻採間歇灌溉有較佳水分利用效率，總灌溉量約可較慣行灌溉減少 40% 需求，復灌頻率可由 2 日延長至 4 日，提供區域輪灌管理參考。旱作相對需水少，朝精準灌溉目標建立灌溉模組，透過 Kc、蒸發散量及地區氣象資料等參數推估建議灌溉量，根據作物的實際需求與環境條件，於適當的時間點給予灌溉，確保資源與環境的整體效益最大化。